

## PYRO MOCK-UP 시설 구조적 안전성 해석

권기찬, 이은표, 정원명, 구정희, 이원경, 조일제, 국동학, 유길성, 윤지섭

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

[kiechankwon@kaeri.re.kr](mailto:kiechankwon@kaeri.re.kr)

한국원자력연구원에서는 핵비확산성 사용후핵연료 건식처리기술인 파이로공정(pyroprocess)의 실증을 위한 Pyro Mock-up 시설(PMF)을 개발하고 있다. 현재 개념설계 단계에 있으며, 구조적 측면에서 PMF를 구축할 연구원 내의 후보부지에 대한 구조적 안전성 평가와 함께 PMF 자체의 구조적 개념에 대한 설계가 진행되고 있다. PMF는 크게 공기분위기 셀과 아르곤분위기의 셀로 구성된다. 아르곤분위기 셀에는 공정장치들의 대부분이 위치하게 되며, 이를 조작하기 위한 크레인, 고하중 조작기, 원격 조작기, 차폐창 등과 같은 설비들이 설치된다. 따라서 PMF를 철골구조물로 설계하는 경우 셀 내부 압력조건 및 설비하중에 의한 구조적 변형이 발생한다. 본 논문에서는 아르곤분위기 셀의 구조적 안전성에 대한 유한요소해석 결과를 제시한다.

유한요소해석 모델은 Fig. 1과 같으며, 이는 현재 고려중인 아르곤분위기 셀의 철골구조 설계에 기초하였다. 전체적으로 H-형강(200×200×8×12)에 의해 구조가 지지되며, H-형강 사이에 L-형강(50×50×6)을 추가적으로 설치한다. 셀 내부는 두께 6 mm의 스테인레스강 재료의 라이너로 처리된다. H-형강과 L-형강은 빔(beam) 요소를 사용해 모델링하였으며, 내부 라이너는 셸(shell) 요소로 모델링하였다. 그리고 각 부재의 접합부는 서로 고정된 것으로 모델링하였다. 아르곤분위기 셀의 압력조건이 -8 ~ +2 inH<sub>2</sub>O 이므로, 이 값을 분포하중으로 라이너 표면에 적용하였다. 기계설비들은 측면의 H-형강에 주로 설치되며, 설비 중 구조변형에 가장 영향을 주는 크레인의 하중을 추가적으로 적용하였다. 크레인의 용량과 크레인의 자중을 고려해 5 ton의 하중을 적용하였다.

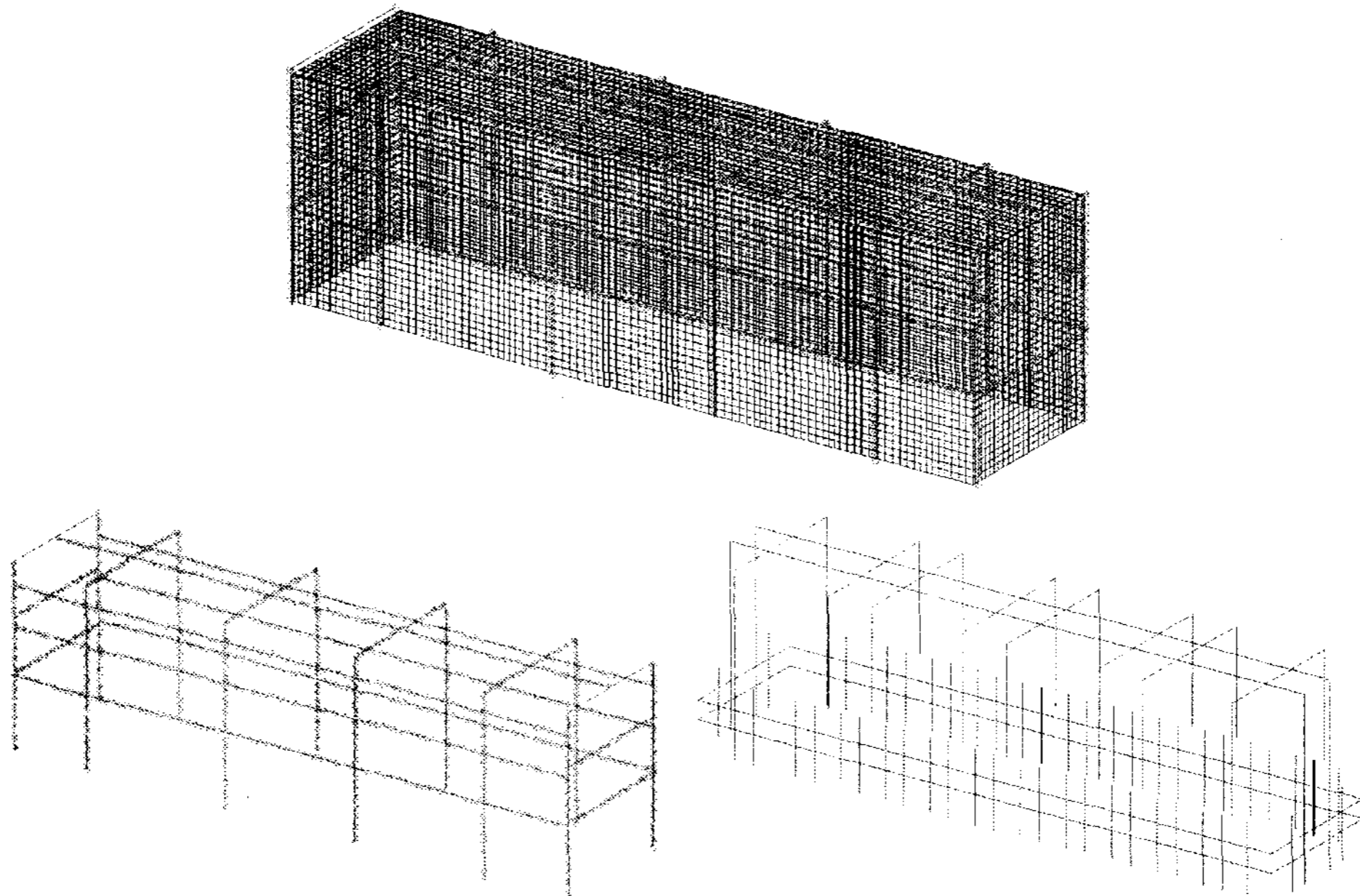


Fig. 1 Finite element model

리고 셀 바닥의 절점들은 고정된 것으로 가정하였다. 유한요소해석을 위해 상용코드 ABAQUS를 사용하였으며, 재료거동은 선형탄성을 가정하고 정적해석을 수행하였다.

Fig. 2와 Fig. 3은 셀 내부에 8 inH<sub>2</sub>O의 부압이 걸리고 크레인에 의한 하중 5 ton이 작용하는 경우에 대한 변위 분포와 von-Mises 응력 분포를 보여준다. 최대 변위는 상부 라이너에서 발생하며, 그 값은 21 mm로 우려할 만한 변형은 발생하지 않는다. 또한 H-형강과 L-형강에서 발생하는 최대 변위는 각각 4 mm와 15 mm이다. 따라서 H-형강이 지지하는 부분은 변형의 거의 발생하지 않음을 알 수 있다. 최대 응력은 48 MPa로 역시 상부의 라이너에서 국부적으로 발생하며, H-형강과 L-형강 부재에서 발생하는 최대 응력은 각각 37 MPa와 31 MPa이다. Table 1에는 셀 내부에 8 inH<sub>2</sub>O의 부압 및 2 inH<sub>2</sub>O의 양압이 걸리는 경우들에 대해 해석결과를 수록하였다. 일반적으로 탄소강이나 스테인레스강의 항복응력이 200 MPa 정도임을 고려하면, 구조물 부재에서 발생하는 최대 응력이 항복응력보다 현저히 적으므로 PMF의 철골구조 설계는 구조적 안전성을 가지고 있다고 평가된다.

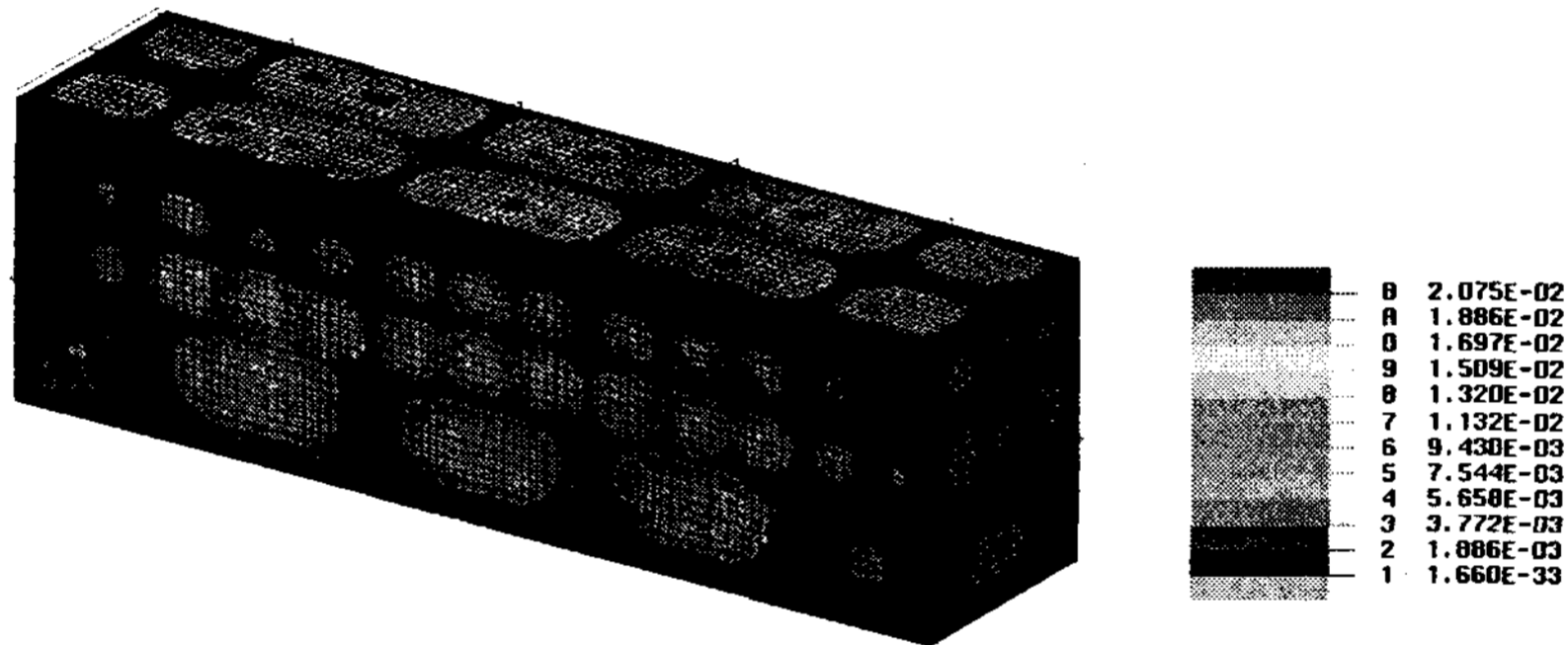


Fig. 2 Displacement result of finite element analysis

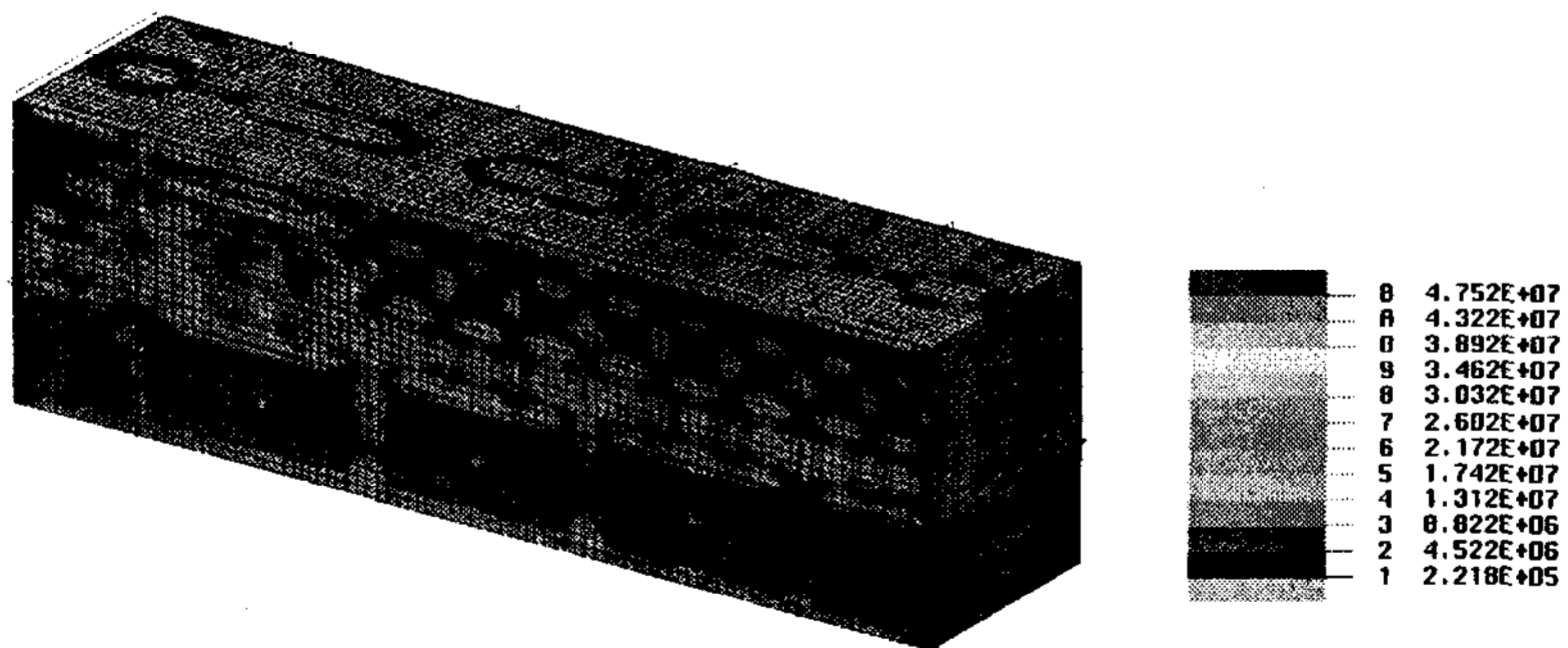


Fig. 3 von-Mises stress result of finite element analysis

Table 1 Maximum displacement and stress

Cell pressure	Liner		H-beam		L-beam	
	Disp.	Stress	Disp.	Stress	Disp.	Stress
+8 inH <sub>2</sub> O	21 mm	48 MPa	4 mm	37 MPa	15 mm	31 MPa
-2 inH <sub>2</sub> O	5 mm	25 MPa	2 mm	27 MPa	4 mm	25 MPa